

Metode uji CBR laboratorium



© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi.....	2
4 Arti dan kegunaan	3
5 Peralatan.....	3
6 Contoh material.....	4
7 Hubungan kadar air dan densitas.....	4
8 Cara pengerjaan	5
9 Perhitungan.....	7
10 Laporan.....	10
Lampiran A (normatif) Gambar peralatan pengujian CBR laboratorium.....	11
Lampiran B (informatif) Gambar alat uji penetrasi CBR laboratorium	16
Lampiran C (informatif) Daftar penyimpangan teknis dan penjelasannya.....	17
Lampiran D (normatif) Contoh formulir isian.....	18
Lampiran E (normatif) Grafik penentuan CBR desain	19
Lampiran F (informatif) Contoh isian formulir	20
Lampiran G (informatif) Contoh penentuan CBR desain	22
Bibliografi.....	23
 Gambar 1 - Kurva hubungan antara beban dan penetrasi.....	 8
Gambar 2 - Penentuan CBR desain untuk contoh uji yang dipadatkan pada kadar air optimum	9
Gambar 3 - Penentuan CBR desain untuk pemadatan contoh uji pada suatu rentang kadar air tertentu	10
 Gambar A.1 - Peralatan uji CBR laboratorium.....	 14
 Tabel A.1 - Dimensi dan ukuran peralatan CBR.....	 15

Prakata

Standar Nasional Indonesia tentang Metode uji CBR laboratorium adalah revisi dari SNI 03-1744-1989, Metode Pengujian CBR Laboratorium. Standar ini mengacu pada AASHTO Designation: T 193-99 (2007), *The California Bearing Ratio* dengan beberapa modifikasi, lihat Lampiran C. Revisi dilakukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan beberapa kekurangan yang terdapat pada versi sebelumnya, lihat Lampiran B.

SNI ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Geoteknik Jalan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) No.8 Tahun 2007 dan dibahas dalam forum Konsensus tanggal 15 September 2009 di Bandung, dengan melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait.



Pendahuluan

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium yang dimaksudkan pada standar ini adalah penentuan nilai CBR contoh material tanah, agregat atau campuran tanah dan agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air sesuai yang ditentukan.

Pengujian CBR digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi bawah dan fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang.

Pengujian CBR laboratorium dilakukan terhadap beberapa benda uji, umumnya tergantung pada kadar air pemadatan dan densitas kering yang ingin dicapai. Secara umum pengujian CBR laboratorium ini (sesuai tahapannya) mencakup penyiapan peralatan, contoh material dan contoh uji, pemadatan, penentuan massa basah dan kadar air benda uji, perendaman, uji penetrasi, penggambaran kurva hubungan antara beban dan penetrasi, dan penentuan nilai CBR. CBR desain juga dapat ditentukan melalui pengujian CBR ini, yaitu dengan menggunakan kurva hubungan antara CBR dan densitas kering dari setiap benda uji.





Metode uji CBR laboratorium

1 Ruang lingkup

- a) Standar ini menetapkan cara untuk menentukan CBR (*California Bearing Ratio*) material lapis tanah dasar, fondasi bawah dan fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang, yang dipadatkan di laboratorium. Standar ini terutama dimaksudkan, tetapi tidak terbatas, untuk mengevaluasi kekuatan material kohesif dengan ukuran butir maksimum kurang dari 19,0 mm (3/4 inci);
- b) Apabila material yang diuji mempunyai ukuran butir maksimum lebih besar dari 19,0 mm (3/4 inci), standar ini menetapkan cara memodifikasi gradasi material sehingga semua material yang digunakan untuk pengujian lolos saringan 19,0 mm (3/4 inci), sedangkan jumlah fraksi tertahan saringan 4,75 mm (No. 4) dan lolos saringan 75 mm (3 inci) tetap sama. Walaupun secara tradisional, cara mempersiapkan contoh material tersebut telah digunakan untuk menghindari kesalahan dalam pengujian material yang mengandung material berukuran besar di dalam peralatan uji CBR, kemungkinan material yang dimodifikasi mempunyai sifat kekuatan yang berbeda secara signifikan dibandingkan material asli. Akan tetapi berdasarkan pengalaman, cara memodifikasi gradasi material ini telah umum digunakan, dan cara desain yang memuaskan diperoleh berdasarkan hasil pengujian sesuai cara ini;
- c) Studi terdahulu menunjukkan bahwa CBR material yang mengandung sejumlah persentase partikel tertahan saringan 4,75 mm (No. 4) lebih bervariasi dibandingkan dengan material yang lebih halus. Untuk material tersebut, diperlukan lebih banyak percobaan (minimum tiga kali percobaan) untuk menentukan nilai CBR yang dapat dipercaya;
- d) Standar ini menetapkan cara penentuan CBR material pada kadar air optimum atau pada rentang kadar air dan densitas kering yang ditentukan sesuai hasil uji densitas. Densitas kering umumnya dinyatakan sebagai persentase dari densitas kering maksimum sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008;
- e) Kadar air atau rentang kadar air dan densitas kering yang diperlukan untuk pengujian CBR ini harus ditentukan;
- f) Kecuali jika ditentukan lain atau jika tidak berpengaruh terhadap hasil pengujian, semua benda uji harus direndam di dalam air terlebih dahulu sebelum dilakukan uji penetrasi;
- g) Satuan yang digunakan dalam standar ini dinyatakan dalam SI.

2 Acuan normatif

SNI 1965:2008, *Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan.*

SNI 1742:2008, *Cara uji kepadatan ringan untuk tanah.*

SNI 1743:2008, *Cara uji kepadatan berat untuk tanah.*

SNI 3423:2008, *Cara uji analisis ukuran butir tanah.*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam standar ini adalah sebagai berikut:

3.1

benda uji

contoh uji yang telah dipadatkan dan diratakan sesuai ukuran cetakan

3.2

CBR (*California Bearing Ratio*)

perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama

3.3

contoh uji

contoh material lolos saringan 19,0 mm (3/4 inci) yang telah dicampur dengan air

3.4

densitas basah

perbandingan antara massa benda uji basah dan volume total

3.5

densitas kering

perbandingan antara massa benda uji kering dan volume total

3.6

densitas kering maksimum

densitas kering yang paling besar yang diperoleh dari kurva pemadatan

3.7

energi pemadatan (*compaction effort*)

energi (jumlah tumbukan per lapis) yang dibutuhkan untuk memadatkan contoh uji pada kadar air tertentu untuk mencapai densitas yang ditentukan

3.8

kadar air

perbandingan antara massa air dan massa tanah kering konstan

3.9

kadar air optimum

kadar air yang paling cocok untuk cara pemadatan tertentu yang menghasilkan densitas kering paling besar yang diperoleh dari kurva pemadatan

3.10

pengembangan

perubahan tinggi benda uji setelah direndam dalam air untuk jangka waktu tertentu sesuai yang ditentukan

4 Arti dan kegunaan

- a) Standar ini digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi bawah dan fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang. Nilai CBR yang diperoleh dapat digunakan sebagai salah satu parameter desain perkerasan;
- b) Jika pengaruh kadar air pemadatan terhadap CBR kecil, seperti pada material bersifat kurang kohesif (*cohesionless*), material berbutir kasar, atau jika perbedaan kadar air pemadatan diperbolehkan dalam desain, CBR harus ditentukan pada kadar air optimum sesuai energi pemadatan yang ditentukan. Densitas kering yang ditentukan umumnya dinyatakan dalam persentase minimum densitas kering yang diizinkan sesuai persyaratan densitas kering lapangan;
- c) Jika pengaruh kadar air pemadatan terhadap CBR tidak diketahui atau jika pengaruh kadar air pemadatan perlu diperhitungkan, CBR harus ditentukan pada suatu rentang kadar air, umumnya pada rentang kadar air yang diizinkan sesuai persyaratan pekerjaan pemadatan di lapangan;
- d) Kriteria untuk mempersiapkan benda uji material yang bersifat semen (*self-cementing*) atau material lain, seperti material yang distabilisasi, yang kekuatannya tergantung waktu, harus didasari evaluasi ahli geoteknik. Benda uji material tersebut harus dirawat (*cured*) sebelum dilakukan uji penetrasi (untuk CBR tanpa direndam) atau sebelum direndam (untuk CBR direndam).

5 Peralatan

- a) Cetakan - Cetakan berupa silinder dari logam dengan ukuran diameter bagian dalam $(152,40 \pm 0,66)$ mm dan tinggi $(177,80 \pm 0,46)$ mm. Cetakan harus dilengkapi leher sambung (*extension collar*) dengan tinggi ± 50 mm dan keping alas yang berlubang banyak yang dapat dipasang pas (tidak bergerak) pada kedua ujung cetakan, lihat Lampiran A. Setiap pengujian, paling kurang disediakan tiga cetakan;
- b) Keping pemisah - Sebuah keping pemisah dari logam, berpenampang bundar (lingkaran) dengan diameter $(150,80 \pm 0,80)$ mm dan tinggi $(61,37 \pm 0,25)$ mm, lihat Lampiran A dan CATATAN 1;
CATATAN 1 - Apabila menggunakan cetakan dengan tinggi 177,80 mm, diperlukan keping alas dengan tinggi 61,37 mm untuk menghasilkan ketebalan atau tinggi benda uji padat 116,43 mm sesuai SNI 1742 : 2008 atau SNI 1743 : 2008.
- c) Penumbuk - Alat penumbuk yang digunakan sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008;
- d) Peralatan pengukur pengembangan - Terdiri dari keping pengembangan dengan tangkai/batang yang dapat diatur, lihat Lampiran A, dan sebuah kaki tiga (*tripot*) untuk dudukan arloji ukur pengembangan. Keping pengembangan harus dibuat dari logam dengan diameter $(149,20 \pm 1,60)$ mm dan dibuat berlubang banyak dengan diameter lubang 1,60 mm. Kaki tiga yang digunakan untuk dudukan arloji ukur pengembangan dipasang pada permukaan cetakan atau jika diperlukan, pada permukaan leher sambung;
- e) Arloji ukur - Dua arloji ukur, masing-masing harus berkapasitas 25 mm dengan ketelitian pembacaan sampai 0,02 mm;
- f) Keping beban - Keping beban dari logam, berpenampang bundar (lingkaran) dengan lubang berdiameter $\pm 54,00$ mm di tengah-tengahnya atau berupa keping terpisah (belah). Diameter keping beban $(149,20 \pm 1,60)$ mm dengan massa setiap keping $(2,27 \pm 0,04)$ kg, lihat Lampiran A dan CATATAN 2;

CATATAN 2 - Jika menggunakan keping yang terpisah, massa total (sepasang) keping tersebut harus $(2,27 \pm 0,04)$ kg.

- g) Piston penetrasi - Sebuah piston dari logam, berpenampang bundar (lingkaran) dengan diameter $(49,63 \pm 0,13)$ mm, luas penampang 1935 mm^2 (3 inci²) dan panjang tidak kurang dari 102 mm, lihat Lampiran A;
- h) Peralatan pembebanan - Sebuah peralatan tekan yang mampu memberikan peningkatan beban yang seragam pada kecepatan penetrasi piston ke dalam benda uji sebesar 1,27 mm/menit. Kapasitas peralatan tekan ini harus melebihi kapasitas kekuatan material yang diuji;
- i) Bak perendam - Sebuah bak perendam yang sesuai untuk mempertahankan tinggi air 25 mm di atas permukaan benda uji;
- j) Oven pengering - Sebuah oven pengering yang dilengkapi pengatur suhu, mampu mempertahankan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ untuk mengeringkan contoh basah;
- k) Cawan kadar air - Cawan kadar air sesuai SNI 1965:2008;
- l) Peralatan bantu - Peralatan bantu seperti bak pencampur (baki), sendok pengaduk, pisau pemotong, alat perata (*straightedge*), kertas filter dan timbangan.

6 Contoh material

Contoh material harus ditangani dan benda uji harus dipersiapkan sesuai cara D dari SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008 (untuk pemadatan contoh uji menggunakan cetakan 152,40 mm), kecuali:

- a) Jika semua material lolos saringan 19,0 mm (3/4 inci), semua material tersebut dapat digunakan untuk pengujian tanpa modifikasi. Jika ada material yang tertahan saringan 19,0 mm (3/4 inci), material tersebut dipisahkan dan diganti dengan material yang lolos saringan 19,0 mm (3/4 inci) dan tertahan saringan 4,75 mm (No. 4). Jumlah material pengganti harus sama dengan jumlah material yang digantikannya, yang diperoleh dari jenis material yang sama yang telah dipisahkan sebelumnya dari contoh yang tidak digunakan untuk pengujian;
- b) Untuk CBR pada kadar air optimum, harus dipersiapkan contoh material sebanyak 35 kg atau lebih, dan pilih contoh material yang mewakili ± 11 kg untuk pengujian hubungan antara kadar air dan densitas kering (uji densitas) dan sisa contoh material dibagi menjadi tiga bagian, masing-masing $\pm 6,8$ kg untuk pengujian CBR;
- c) Untuk CBR pada suatu rentang kadar air tertentu, harus dipersiapkan contoh material sebanyak 113 kg atau lebih, dan pilih contoh material yang mewakili paling kurang lima contoh, masing-masing $\pm 6,8$ kg untuk setiap uji densitas dan sekaligus sebagai benda uji CBR.

7 Hubungan kadar air dan densitas

- a) CBR pada kadar air optimum - Menggunakan 11 kg contoh material yang dipersiapkan sesuai butir 6 b), tentukan kadar air optimum dan densitas kering maksimum sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008. Jika sebelumnya telah dilakukan uji densitas, kadar air optimum dan densitas kering maksimum dapat mengacu pada hasil uji densitas tersebut, kecuali jika contoh mengandung material tertahan saringan 19,0 mm (3/4 inci), material tanah dipersiapkan sesuai butir 6 a), lihat CATATAN 3);

CATATAN 3 - Densitas kering maksimum yang diperoleh dari uji densitas yang menggunakan cetakan berdiameter 101,60 mm (4 inci) kemungkinan sedikit lebih tinggi daripada densitas kering

maksimum yang diperoleh dari uji densitas menggunakan cetakan berdiameter 152,40 (6 inci) atau cetakan CBR.

- b) CBR untuk suatu rentang kadar air tertentu - Menggunakan contoh material yang telah dipersiapkan sesuai butir 6 c), kemudian tentukan kadar air optimum dan densitas kering maksimum sesuai cara D dari SNI 1742:2008 atau SNI 1743 : 2008 kecuali jika cetakan yang digunakan adalah cetakan CBR dan setiap benda uji dilakukan uji penetrasi untuk menentukan nilai CBR. Hubungan antara kadar air dan densitas kering untuk energi pemadatan 25 tumbukan per lapis dan 10 tumbukan per lapis juga harus ditentukan dan setiap benda uji dilakukan uji penetrasi untuk menentukan nilai CBR. Semua pemadatan dilakukan dalam cetakan CBR apabila densitas kering ditentukan pada atau mendekati 100 % densitas kering maksimum, diperlukan uji densitas dengan energi pemadatan lebih besar dari 56 tumbukan per lapis, lihat CATATAN 4.

CATATAN 4 - Kurva hubungan antara densitas kering dan energi pemadatan umumnya berbentuk garis lurus (linear) apabila digambarkan dalam bentuk kurva semilogaritma dengan energi pemadatan (J/m^3) digambarkan pada skala logaritma. Kurva ini berguna untuk menetapkan energi pemadatan dan jumlah tumbukan per lapis yang dibutuhkan untuk memperoleh densitas kering dan rentang kadar air yang ditentukan.

Jika CBR direndam yang akan ditentukan, contoh material yang mewakili diambil untuk menentukan kadar air pada saat memulai dan setelah pemadatan benda uji, masing-masing satu contoh uji kadar air. Uji kadar air dilakukan sesuai SNI 1965:2008. Jika CBR tanpa direndam yang akan ditentukan, benda uji kadar air diambil sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008 jika kadar air rata-rata diperlukan.

8 Cara pengerjaan

8.1 Pembuatan benda uji

8.1.1 CBR pada kadar air optimum

- a) Umumnya, tiga contoh uji (lihat CATATAN 5 dan CATATAN 6) harus dipadatkan sedemikian sehingga densitas kering berkisar antara 95% (atau lebih kecil) sampai 100% (atau lebih besar) dari densitas kering maksimum yang ditentukan sesuai butir 7a);

CATATAN 5 - Umumnya kira-kira 10, 30 dan 65 tumbukan per lapis diperlukan untuk memadatkan contoh uji 1, 2 dan 3. Lebih dari 56 tumbukan per lapis umumnya diperlukan untuk memadatkan contoh uji CBR sampai 100 % densitas kering maksimum sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008.

CATATAN 6 - Beberapa institusi (laboratorium) memilih pengujian hanya dilakukan terhadap satu contoh uji yang dipadatkan sampai mencapai densitas kering maksimum pada kadar air optimum sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008.

- b) Pasang cetakan CBR pada keping alas, dikunci dan ditimbang sampai 5 g terdekat. Masukkan keping pemisah ke dalam cetakan dan pasang kertas filter kasar pada permukaan keping pemisah. Pasang leher sambung pada permukaan cetakan dan dikunci pada batang/tangkai dari keping alas;
- c) Campur setiap contoh material yang telah dipersiapkan sesuai butir 6 b) dengan sejumlah air yang sesuai untuk mencapai kadar air optimum sesuai butir 7 a);
- d) Padatkan contoh uji pertama dari tiga contoh uji di dalam cetakan, dengan pola pemadatan sesuai SNI 1742:2008 atau SNI 1743:2008, sebagai berikut:
- 1) Jika densitas kering maksimum ditentukan sesuai SNI 1742:2008, pemadatan dilakukan dalam tiga lapis yang sama, setiap lapis 10 tumbukan, menggunakan alat penumbuk yang sesuai untuk mendapatkan ketebalan padat total sekitar 125 mm;

- 2) Jika densitas kering maksimum ditentukan sesuai SNI 1743:2008, pemadatan dilakukan dalam lima lapis yang sama, setiap lapis 10 tumbukan, menggunakan alat penumbuk yang sesuai untuk mendapatkan ketebalan padat total sekitar 125 mm.

Pemadatan setiap lapis dengan jumlah tumbukan paling sedikit dimaksudkan untuk mendapatkan densitas kering ≤ 95 % densitas kering maksimum.

- e) Tentukan kadar air material yang dipadatkan (kadar air sebelum direndam). Massa contoh kadar air minimum 100 g untuk material berbutir halus dan 500 g untuk material berbutir kasar. Penentuan kadar air harus dilakukan sesuai SNI 1965:2008;
- f) Buka leher sambung, potong kelebihan benda uji dengan pisau pemotong dan ratakan permukaannya sampai rata dengan permukaan cetakan menggunakan alat perata. Permukaan yang tidak beraturan atau berlubang harus diisi dengan material halus, kemudian dipadatkan dan diratakan;
- g) Keluarkan keping pemisah dari dalam cetakan, pasang kertas filter kasar di atas keping alas berlubang banyak, kemudian cetakan berisi benda uji yang telah dibalik dan tempatkan di atas kertas filter sehingga benda uji yang telah dipadatkan terletak di atas kertas filter. Pasang keping alas berlubang banyak pada cetakan dan kemudian pasang leher sambung dan dikunci. Timbang cetakan berisi benda uji (untuk menentukan massa benda uji) sampai 5 g terdekat;
- h) Lakukan pemadatan untuk contoh uji kedua dan ketiga sesuai langkah d) sampai dengan g), kecuali untuk contoh uji kedua diperlukan 30 tumbukan per lapis dan untuk contoh uji ketiga diperlukan 65 tumbukan per lapis, lihat CATATAN 5.

8.1.2 CBR pada suatu rentang kadar air tertentu

Persiapkan benda uji sesuai butir 7 b). Lakukan semua pemadatan di dalam cetakan CBR. Semua benda uji yang telah dipersiapkan harus diuji penetrasi (CBR). Apabila densitas kering ditentukan sampai atau mendekati 100 % densitas kering maksimum, diperlukan contoh uji yang dipadatkan dengan energi pemadatan lebih dari 56 tumbukan per lapis.

8.2 Perendaman

- a) Pasang leher sambung pada permukaan cetakan dan dikunci pada batang/tangkai keping alas (jika diperlukan). Pasang keping pengembangan dengan batang atau tangkai pengatur di atas benda uji di dalam cetakan dan pasang keping beban untuk menghasilkan intensitas pembebanan yang sama dengan massa lapis material perkerasan di atas material yang diuji. Massa total keping beban minimum 4,54 kg (ekuivalen dengan tebal perkerasan sekitar 150 mm). Jika massa keping beban ditingkatkan, peningkatan harus dilakukan setiap $(2,27 \pm 0,04)$ kg;
- b) Pasang kaki tiga dengan arloji ukur pengembangan pada permukaan cetakan atau leher sambung (jika digunakan), atur dan tentukan pembacaan awalnya;
- c) Masukkan cetakan berisi benda uji ke dalam air dan biarkan air meresap atau masuk secara bebas dari permukaan dan dasar benda uji. Selama perendaman, pertahankan permukaan air di dalam cetakan dan bak perendaman sekitar 25 mm di atas permukaan benda uji. Rendam benda uji sekitar 96 jam (4 hari), lihat CATATAN 7;

CATATAN 7 - Periode perendaman lebih singkat (tidak kurang dari 24 jam) dapat digunakan untuk material agregat tanah yang terdrainase dengan cepat jika pengujian memperlihatkan bahwa periode perendaman yang lebih singkat tidak berpengaruh terhadap hasil pengujian. Untuk beberapa tanah lempung, periode perendaman lebih dari 4 hari mungkin diperlukan.

- d) Setelah perendaman selama 96 jam, tentukan pembacaan akhir arloji pengembangan dan hitung pengembangan, dinyatakan sebagai persentase tinggi benda uji awal, sebagai berikut:

SNI 1744:2012

$$\Delta h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Δh adalah pengembangan, dinyatakan dalam persen (%)

h_0 adalah tinggi awal benda uji (= 116,43 mm)

h_1 adalah tinggi akhir benda uji setelah perendaman, dinyatakan dalam mm

- e) Keluarkan benda uji dari bak perendam, tuangkan air dari permukaan benda uji dan biarkan selama 15 menit. Lakukan secara hati-hati, permukaan benda uji tidak boleh terganggu selama penuangan air. Setelah air dituangkan, keluarkan keping beban beserta keping berlubang banyak.

CATATAN 8 - Massa benda uji dapat ditentukan setelah penuangan air apabila diperlukan untuk menentukan rata-rata densitas basah benda uji yang direndam dan dikeluarkan airnya.

8.3 Uji penetrasi

- a) Pasang keping beban di atas benda uji dengan massa yang sama dengan keping beban yang digunakan selama perendaman. Pemasangan keping beban ini dilakukan per keping. Untuk mencegah naiknya material lunak melalui lubang pada keping beban, setelah pemasangan satu keping beban, atur piston penetrasi sampai menyentuh permukaan benda uji dan berikan beban awal sebesar 44 N (4,54 kg). Setelah pengaturan piston penetrasi, keping beban lainnya yang tersisa dipasang di sekeliling piston;
- b) Atur piston penetrasi dengan beban awal sebesar 44 N (4,54 kg), kemudian atur arloji pengukur penetrasi dan arloji beban pada posisi nol;
- c) Berikan beban pada piston penetrasi sedemikian sehingga kecepatan penetrasi seragam pada 1,27 mm/menit. Catat beban apabila penetrasi menunjukkan 0,32 mm (0,0125 inci); 0,64 mm (0,025 inci); 1,27 mm (0,050 inci); 1,91 mm (0,075 inci); 2,54 mm (0,10 inci); 3,81 mm (0,15 inci); 5,08 mm (0,20 inci); dan 7,62 mm (0,30 inci). Pembacaan beban pada penetrasi 10,16 mm (0,40 inci) dan 12,70 mm (0,50 inci) dapat ditentukan apabila diperlukan.

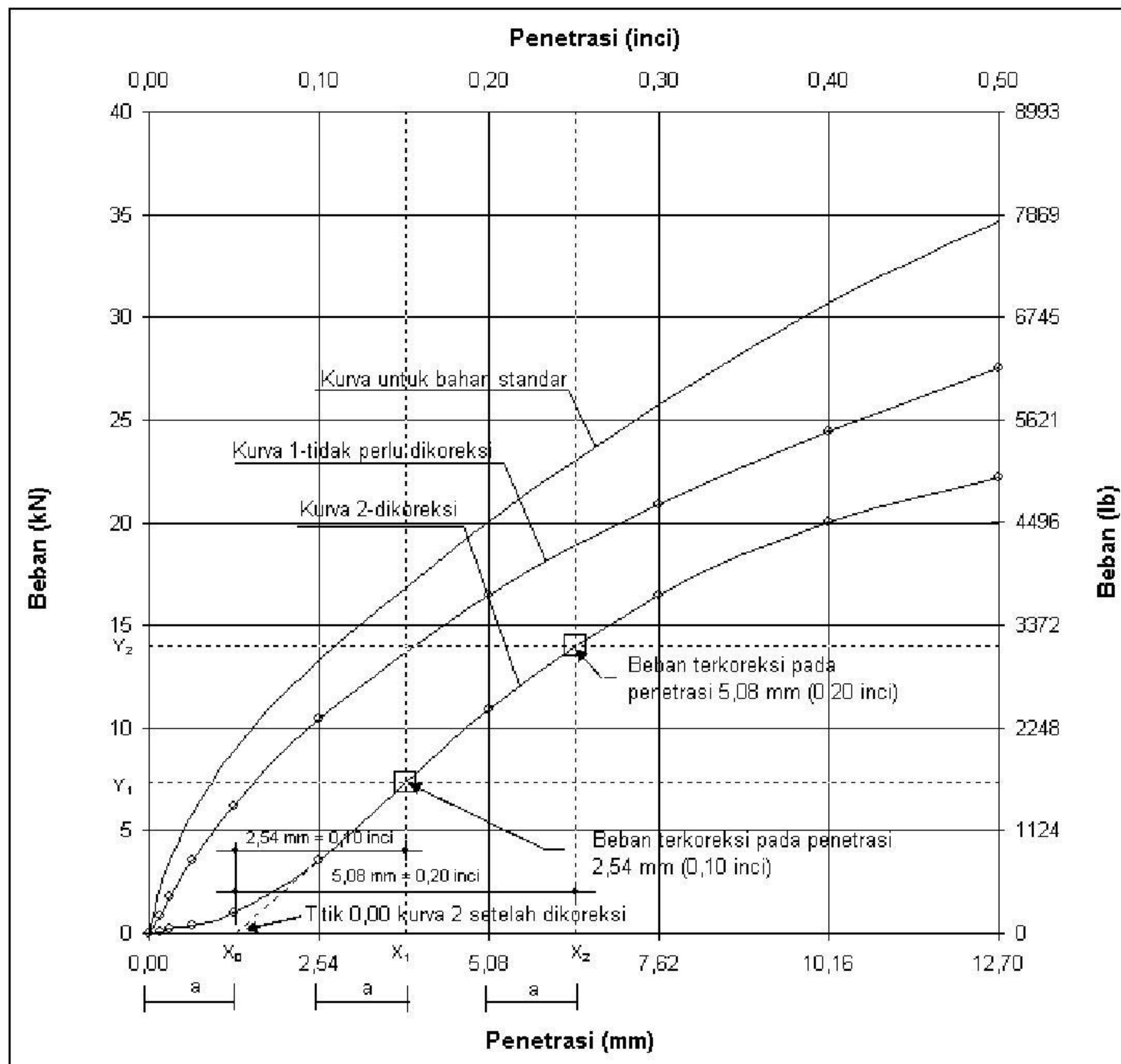
CATATAN 9 - Kadar air pada lapisan sampai setebal 25 mm dari permukaan benda uji dapat ditentukan setelah uji penetrasi (kadar air setelah direndam, jika diperlukan). Contoh untuk pengujian kadar air paling kurang 100 g untuk material butiran halus dan 500 g untuk material yang mengandung butiran kasar.

9 Perhitungan

9.1 Kurva beban - penetrasi

Gambarkan kurva hubungan antara beban dan penetrasi setiap benda uji sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam beberapa hal, terutama pada awal pembacaan, beban meningkat tidak sebanding dengan peningkatan penetrasi sehingga kurva yang diperoleh cenderung berbentuk cekung. Untuk mendapatkan kurva hubungan antara beban dan penetrasi yang benar, koreksi bagian kurva yang berbentuk cekung tersebut sampai mendekati bentuk kurva standar dengan mengatur atau memperpanjang bagian garis lurus dari kurva hubungan beban penetrasi dan penetrasi yang diperoleh ke bawah sampai memotong sumbu X atau absis. Misalnya, titik X_0 adalah perpotongan antara perpanjangan kurva dan sumbu X dengan jarak a dari titik penetrasi 0,00 mm (0,00 in), lihat garis putus-putus pada kurva 2. Selanjutnya, titik penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci)

digeser ke kanan masing-masing dengan jarak a dari titik semula (titik X_1 dan X_2) sehingga beban berubah menjadi Y_1 untuk penetrasi X_1 dan Y_2 untuk penetrasi X_2 .



Gambar 1 - Kurva hubungan antara beban dan penetrasi

9.2 CBR

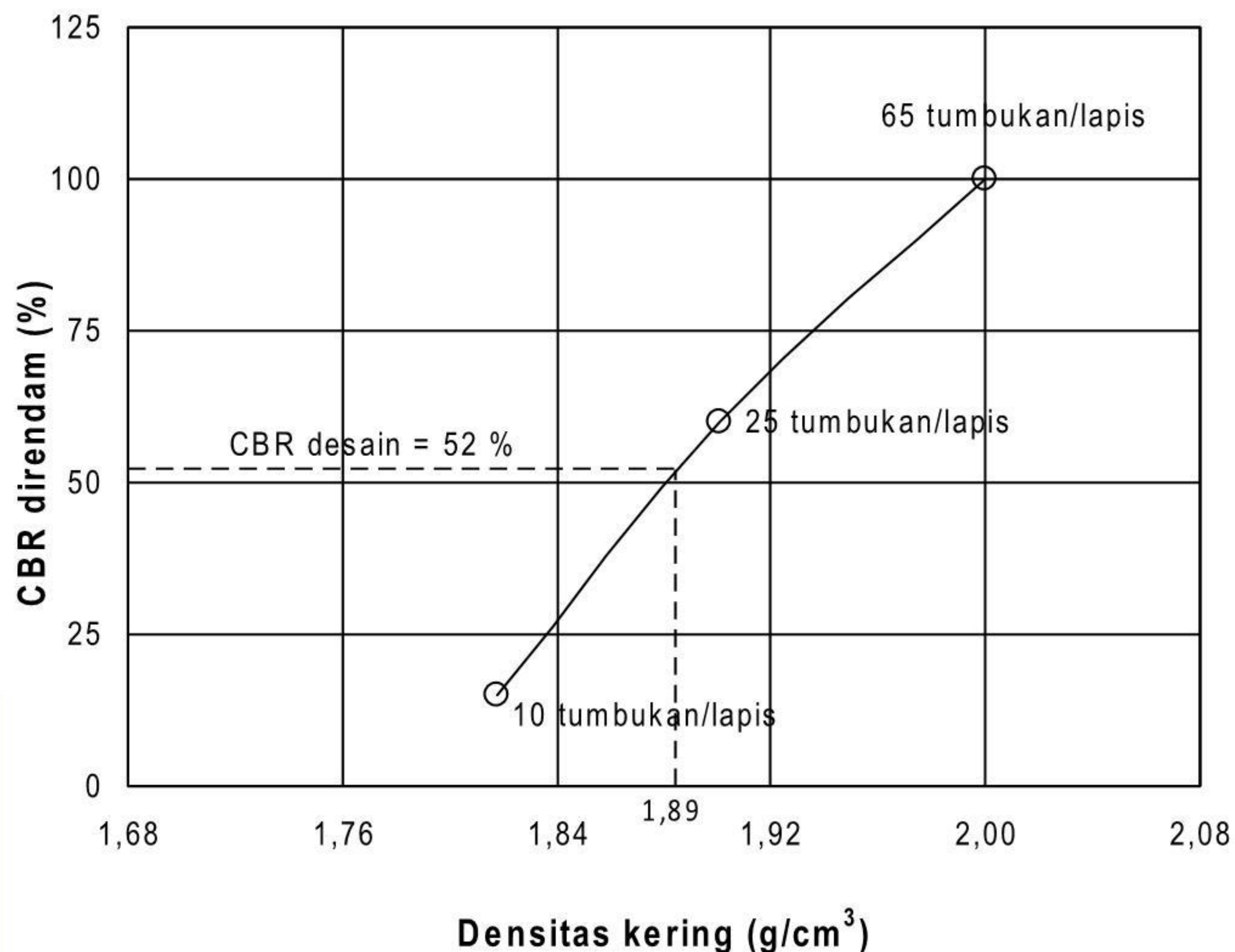
Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci). Nilai CBR, dinyatakan dalam persen, diperoleh dengan membagi nilai beban terkoreksi pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci) dengan beban standar secara berurutan sebesar 13 kN (3000 lbs) dan 20 kN (4500 lbs), dan kalikan dengan 100, lihat persamaan (2).

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

CBR umumnya dipilih pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci). Jika CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inci) lebih besar dari CBR pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci), pengujian CBR harus diulang. Jika setelah diulang, tetap memberikan hasil yang serupa, CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inci) harus digunakan.

9.3 CBR desain untuk pemadatan pada kadar air optimum

Data hasil pengujian dari 3 benda uji digambarkan dalam bentuk kurva seperti ditunjukkan pada Gambar 2. CBR desain ditentukan pada persentase densitas kering maksimum yang diperlukan, umumnya pada persentase minimum yang disyaratkan sesuai spesifikasi.



Contoh:

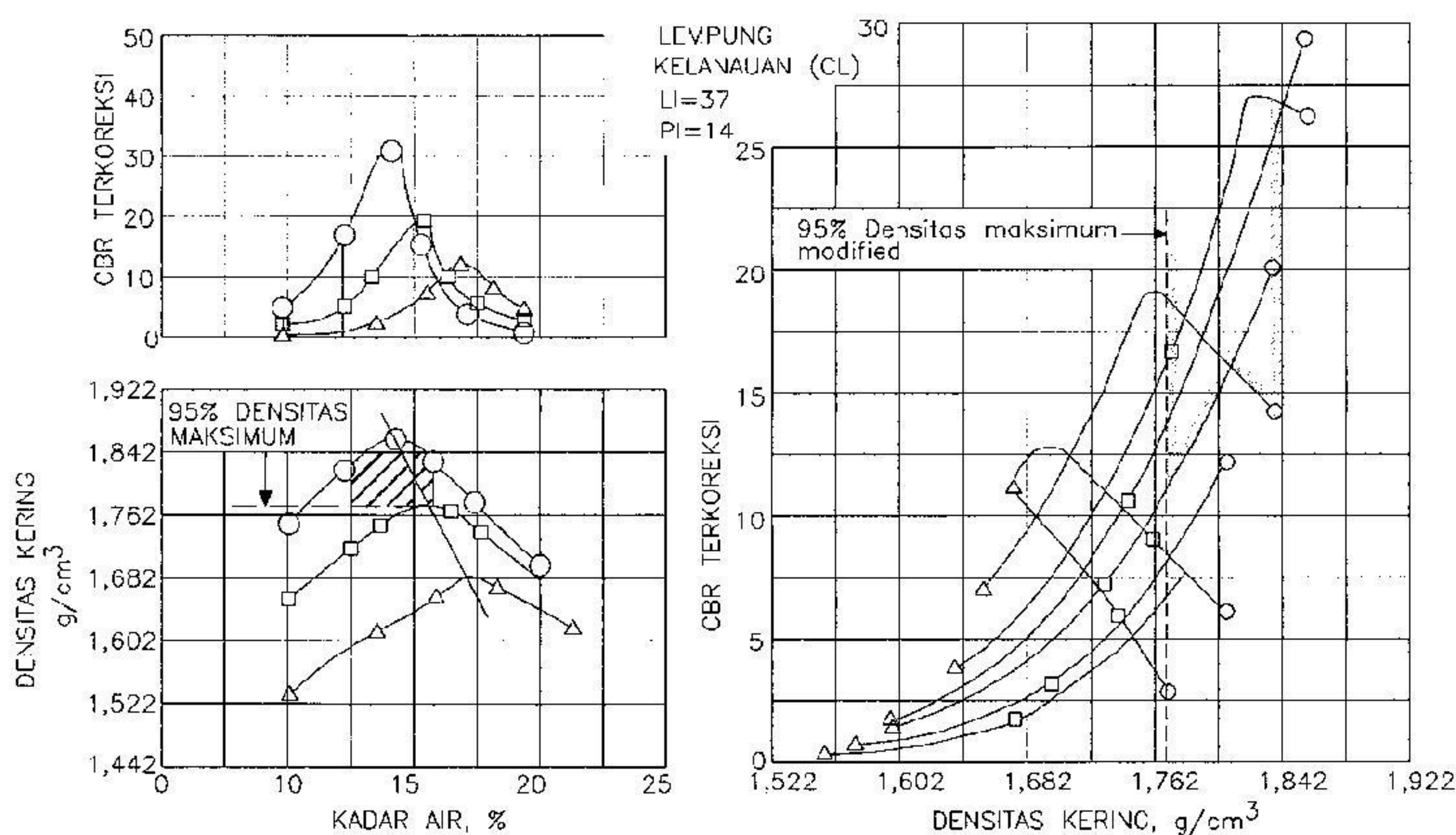
Jika densitas kering maksimum = $1,99 \text{ g/cm}^3$, tentukan CBR pada densitas kering 95 % densitas kering maksimum

Solusi: $95 \% \text{ dari } 1,986 \text{ g/cm}^3 = 1,89 \text{ g/cm}^3$
 Pada densitas kering = $1,89 \text{ g/cm}^3$, CBR = 52 %

Gambar 2 - Penentuan CBR desain untuk contoh uji yang dipadatkan pada kadar air optimum

9.4 CBR desain untuk pemadatan pada rentang kadar air tertentu

Data hasil pengujian yang diperoleh dengan menggunakan 3 energi pemadatan digambarkan dalam bentuk kurva sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Data yang digambarkan tersebut menunjukkan respons tanah pada suatu rentang kadar air yang ditentukan. Untuk pelaporan, pilih CBR yang paling kecil dalam rentang kadar air yang ditentukan dengan densitas kering antara minimum yang ditentukan dan densitas kering yang dihasilkan melalui pemadatan dalam rentang kadar air yang ditentukan. Dari kurva hubungan antara densitas kering dan CBR terkoreksi, diperoleh CBR desain = 10,5 %.



Keterangan:

- 56 tumbukan per lapis
- 25 tumbukan per lapis
- △ 10 tumbukan per lapis

Catatan: Pembebanan untuk perendaman dan uji penetrasi = 22,73 kg. Semua benda uji direndam selama 4 hari. Semua benda uji dipadatkan dalam 5 lapis di dalam cetakan CBR, menggunakan penumbuk 4,5 kg dengan tinggi jatuh 457 mm.

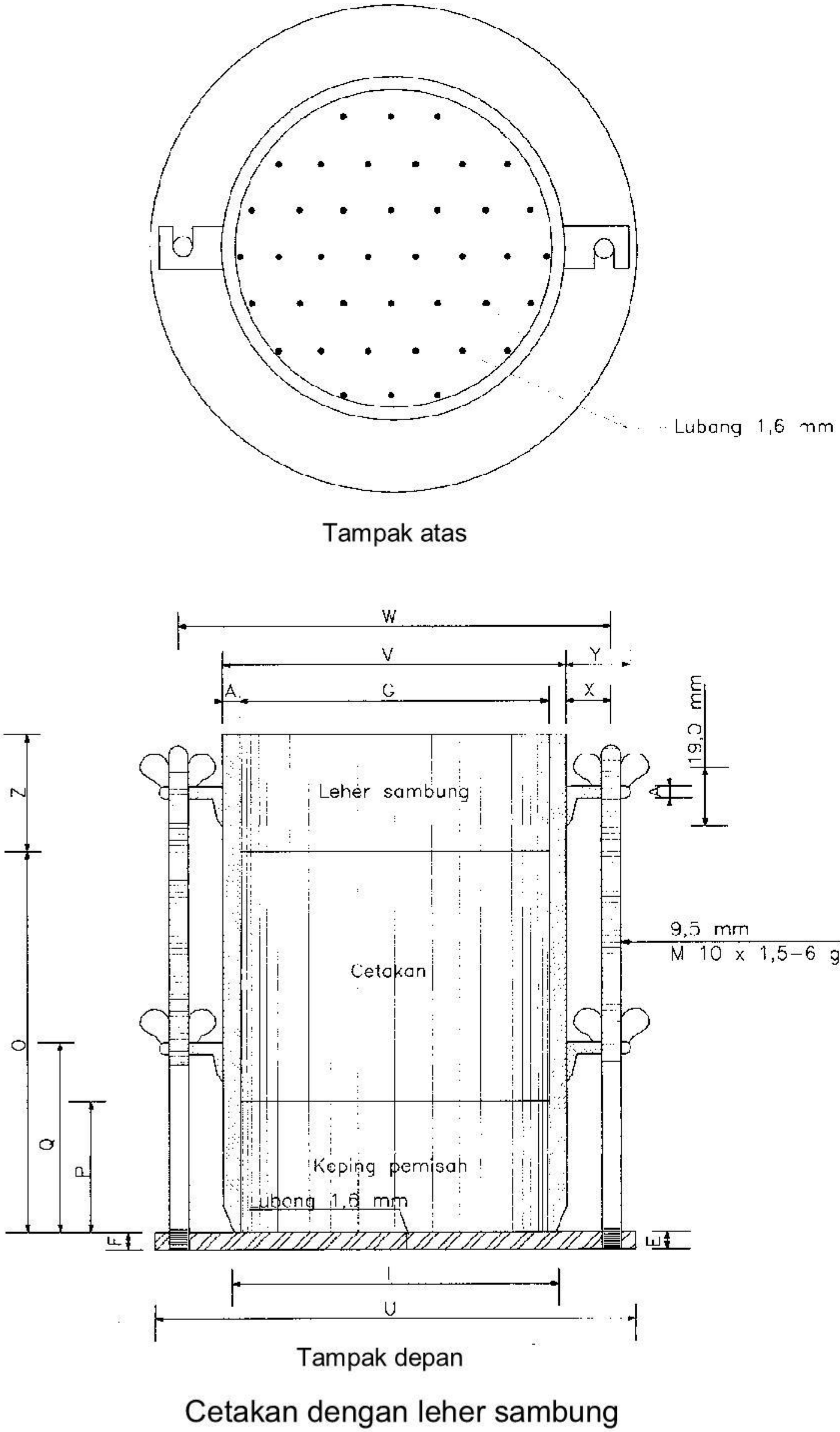
Gambar 3 - Penentuan CBR desain untuk pemadatan contoh uji pada suatu rentang kadar air tertentu

10 Laporan

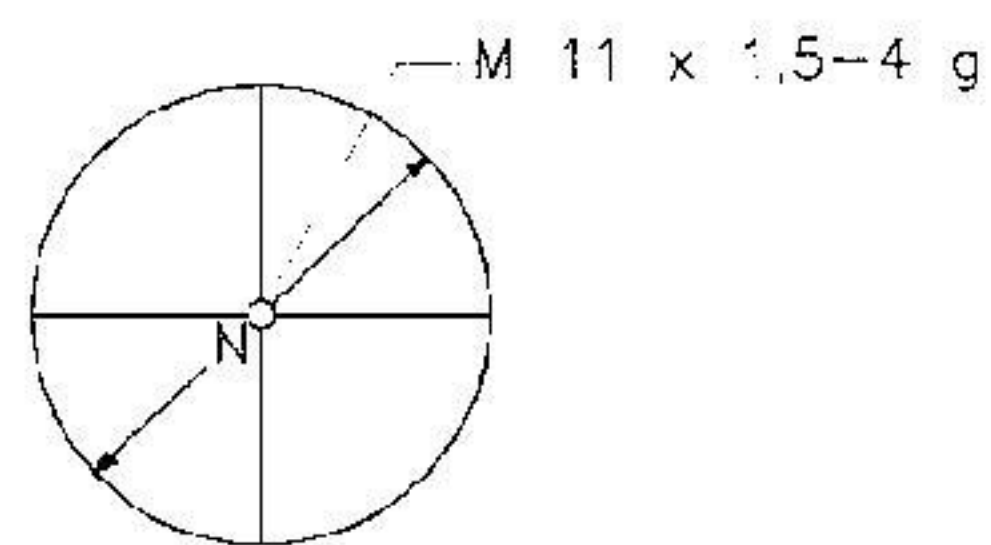
Laporan harus mencakup informasi berikut untuk setiap benda uji:

- a) Energi pemadatan (jumlah tumbukan per lapis);
- b) Kadar air pemadatan, (%);
- c) Densitas kering, (g/cm^3);
- d) Pengembangan, (%);
- e) CBR, (%).

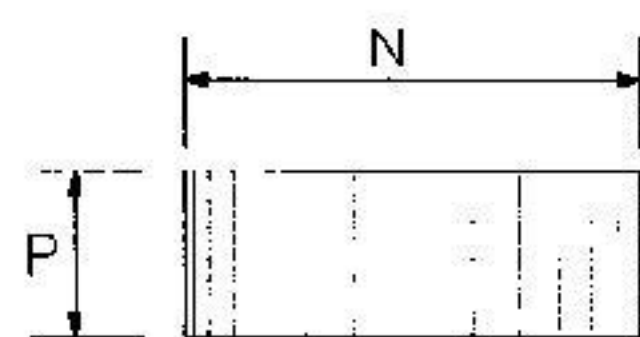
Lampiran A
(normatif)
Gambar peralatan pengujian CBR laboratorium



Lanjutan

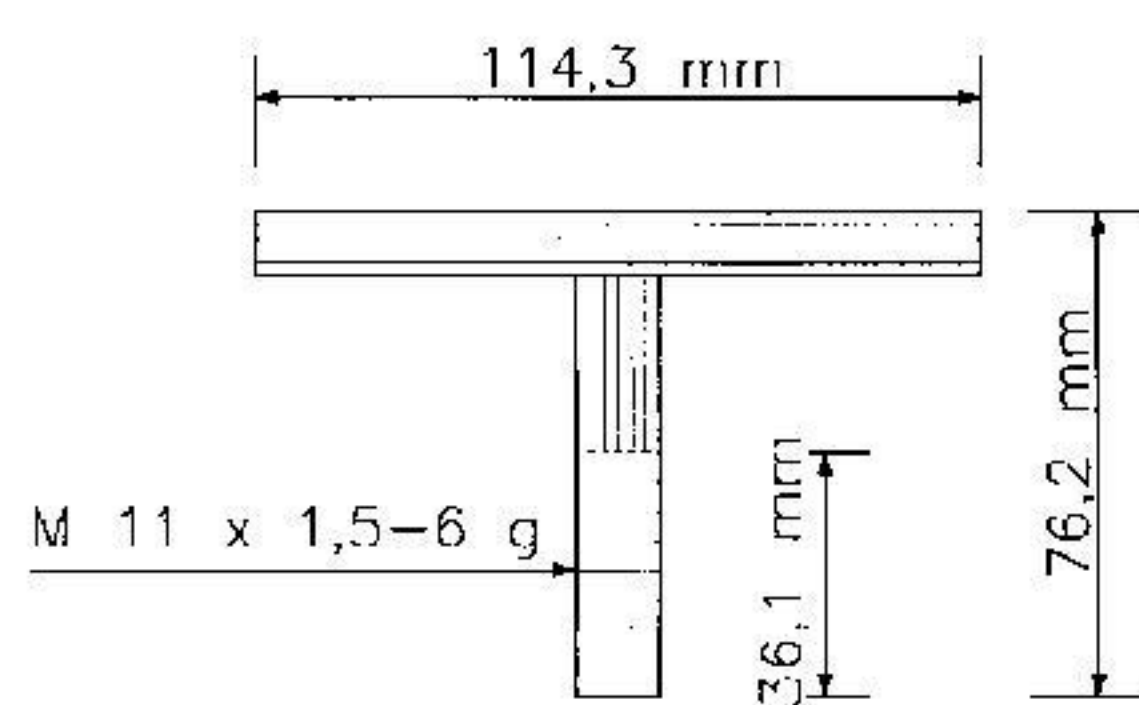


Tampak atas

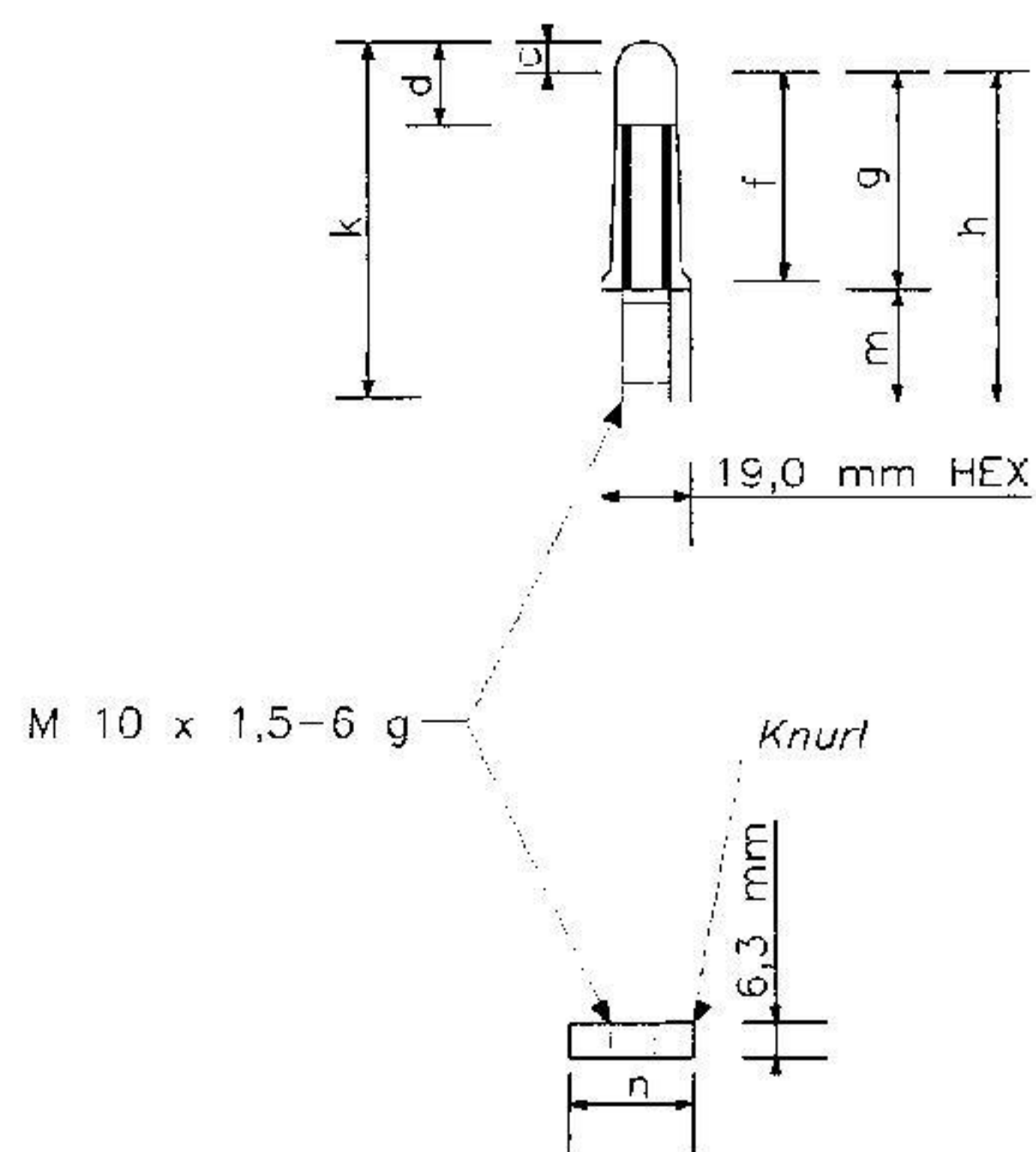


Tampak depan

Keping pemisah



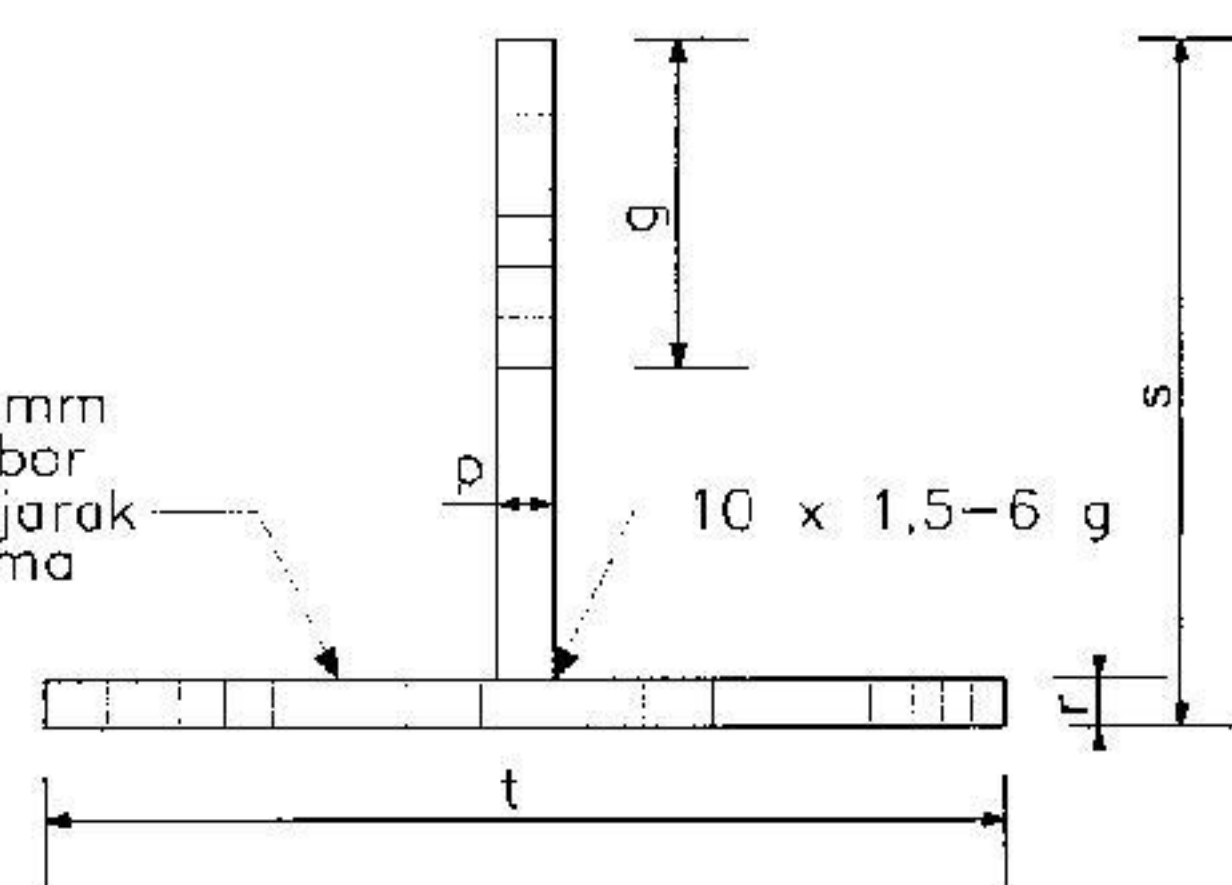
Pegangan untuk keping pemisah



M 10 x 1,5-6 g

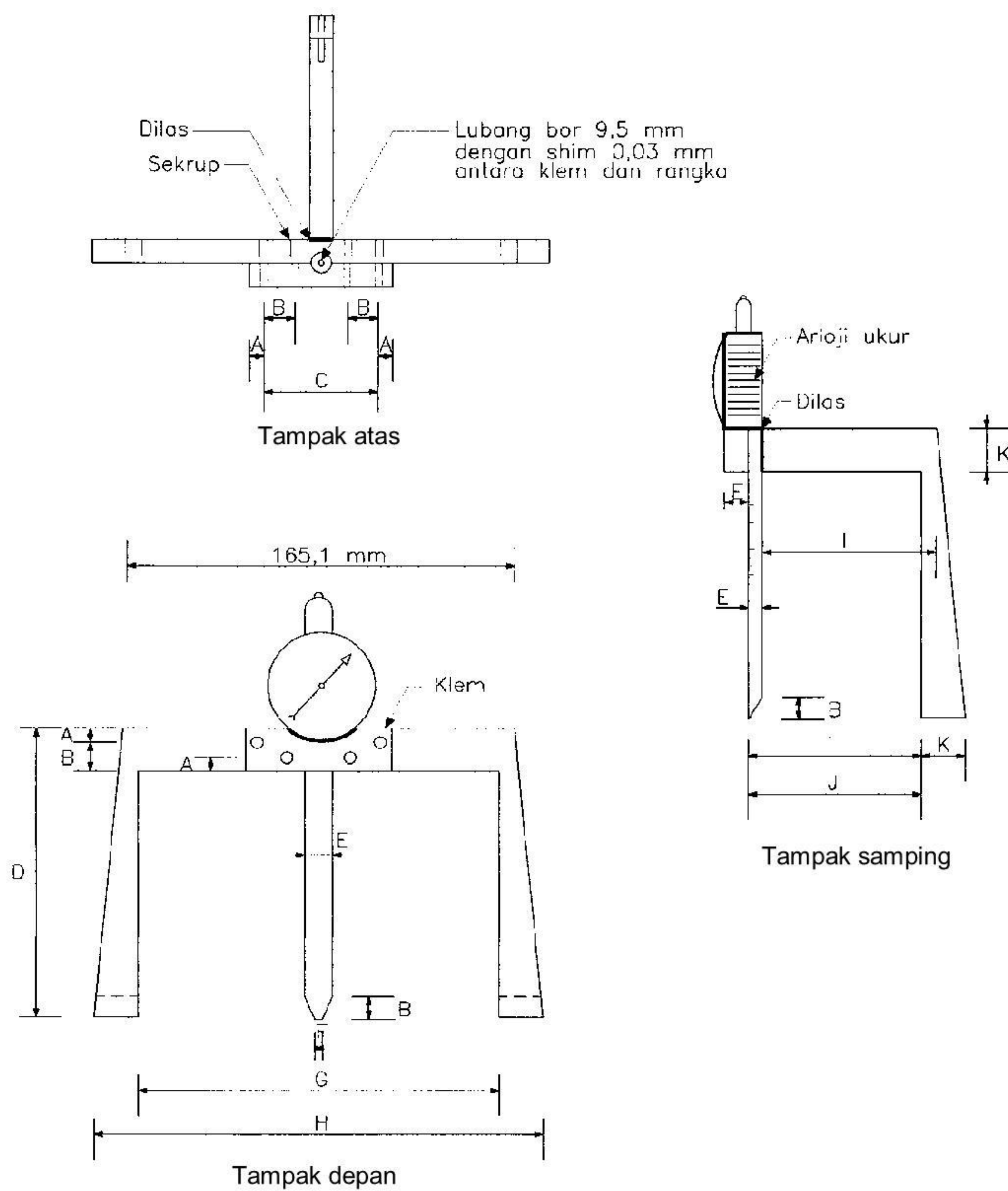
Knurl

6,3 mm

42-1,6 mm
Lubang bor
dengan jarak
yang sama

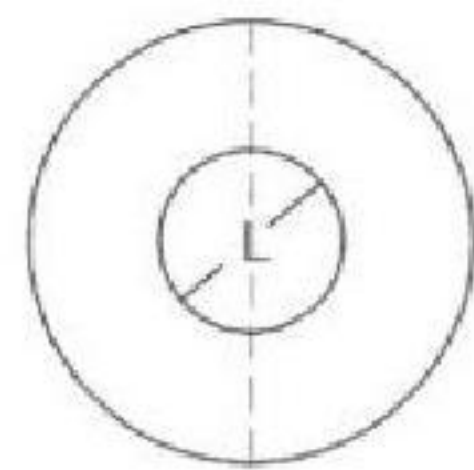
Tampak depan

Tangkai/batang pengatur dan keping
(pelat) alas

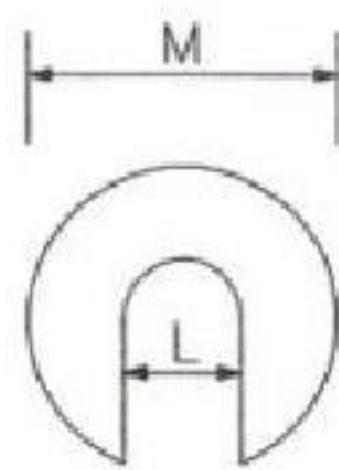


Kaki tiga untuk menentukan pengembangan

Lanjutan



Keping beban



Keping beban

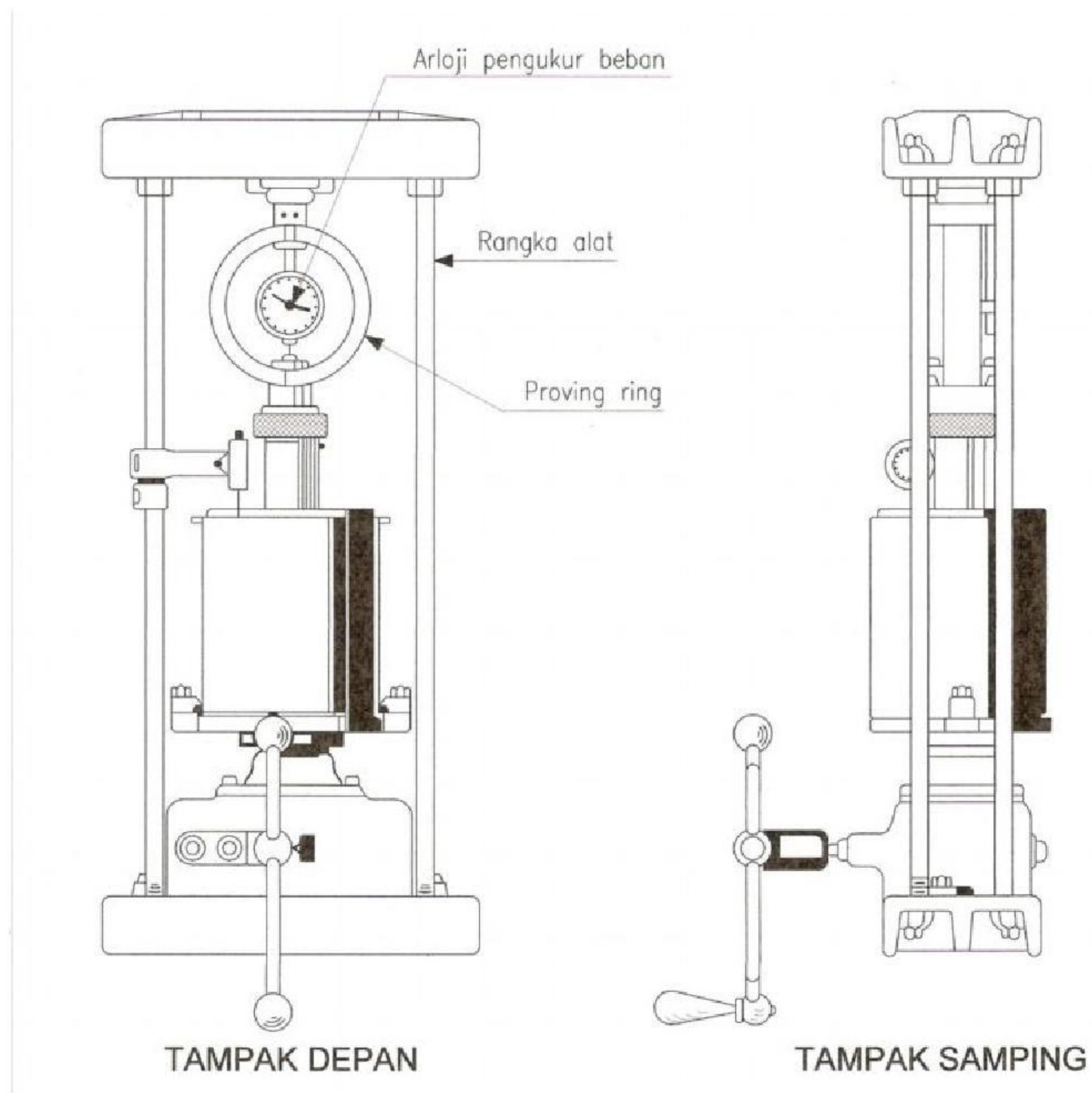


Gambar A.1 - Peralatan uji CBR laboratorium

Tabel A.1 - Dimensi dan ukuran peralatan CBR

Kaki tiga untuk menentukan pengembangan														
Dimensi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K			
Ukuran, mm	6,3	12,7	63,5	120,6	9,5	1,6	152,4	190,5	76,2	95,2	19,0			
Toleransi														
Keping beban														
Dimensi	L	M												
Ukuran, mm	54,0	149,2												
Toleransi		1,6												
Keping pemisah														
Dimensi	N	P												
Ukuran, mm	150,8	61,37												
Toleransi	0,8	0,25												
Cetakan dan leher sambung														
Dimensi	A	E	F	G	O	P	Q	T	U	V	W	X	Y	Z
Ukuran, mm	6,3	9,5	1,6	152,40	177,80	61,37	88,9	158,0	238,1	165,1	212,7	23,8	33,3	50,8
Toleransi				0,66	0,46	0,25								
Piston														
Dimensi	A	R	S											
Ukuran, mm	6,3	69,8	49,63											
Toleransi			0,13											
Tangkai/batang dan keping pengatur														
Dimensi	c	d	e	f	g	h	K	m	n	p	r	s	t	
Ukuran, mm	5,6	11,9	3,2	46,04	50,8	69,8	75,4	19,0	28,6	9,5	6,3	107,9	149,2	
Toleransi													1,6	

**Lampiran B
(informatif)
Gambar alat uji penetrasi CBR laboratorium**



Gambar B.1 - Tipikal alat uji penetrasi CBR laboratorium

Lampiran C
(informatif)
Daftar penyimpangan teknis dan penjelasannya

Uraian / Pasal/Sub Pasal	SNI 03-1744-1989	SNI 1744:2012
Sistematika penulisan	-	Sesuai Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08 : 2007
Ruang lingkup	Tidak diuraikan secara khusus	Diuraikan secara khusus pada butir 1
Standar acuan	Tidak diuraikan	Terdiri dari beberapa standar, termasuk standar –standar pengujian berkaitan dengan AASHTO T 193-99 (2007)
Kegunaan	Tidak diuraikan secara detail (terinci)	Diuraikan lebih detail (terinci)
Peralatan	Gambar peralatan tidak lengkap	Gambar peralatan lebih lengkap
Contoh material	Jumlah contoh material (campuran tanah dan agregat) yang dipersiapkan untuk setiap benda uji adalah 5 kg atau lebih untuk tanah dan 5,5 kg untuk campuran tanah dan agregat	Jumlah contoh material yang dipersiapkan untuk setiap benda uji adalah $\pm 6,8$ kg.
Metode uji	Ditetapkan satu metode pengujian, yaitu metode penentuan CBR material pada kadar air optimum, Tiga contoh uji dipadatkan dengan jumlah tumbukan per lapis 10 kali, 35 kali dan 75 kali	Ditetapkan dua metode, yaitu penentuan CBR material pada kadar air optimum dan pada rentang kadar air sesuai kadar air dan densitas kering yang ditentukan. Untuk CBR pada kadar air optimum, dipersiapkan 3 contoh uji yang dipadatkan dengan jumlah tumbukan per lapis 10 kali, 30 kali dan 65 kali, dan untuk CBR pada rentang kadar tertentu, dipersiapkan paling kurang 5 contoh uji, dipadatkan dengan jumlah tumbukan per lapis 56 kali

Lampiran D (normatif) Contoh formulir isian

Nama laboratorium pengujian :
Proyek/pekerjaan :
Lokasi contoh tanah :

No. contoh :
Jenis contoh tanah :

UJI CBR LABORATORIUM SNI 1744 : 200xx

Pengembangan, kalibrasi arloji ukur = mm						Densitas, No. Cetakan		Sebelum direndam	Sesudah direndam
Tanggal						Massa benda uji + cetakan, g			
Jam						Massa cetakan, g			
Pembacaan, dev						Massa benda uji basah, g			
Perubahan, dev						Isi cetakan, cm ³			
Pengembangan, %						Densitas basah (ρ), g/cm ³			
						Densitas kering (ρ_d), g/cm ³			

Penetrasi, kalibrasi proving ring, k = ... kN (=..... lb)					
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan arloji ukur beban devisi	Beban penetrasi = pembacaan arloji ukur beban x k	
	mm	in		kN	lb
0	0	0			
1/4	0,32	0,0125			
1/2	0,64	0,025			
1	1,27	0,050			
1 1/2	1,91	0,075			
2	2,54	0,10			
3	3,81	0,15			
4	5,08	0,20			
6	7,62	0,30			
8	10,16	0,40			
10	12,70	0,50			

Kadar air		Sebelum direndam	Sesudah direndam
No. cawan			
Massa tanah basah + cawan, g			
Massa tanah kering + cawan, g			
Massa air, g			
Massa cawan, g			
Massa tanah kering, g			
Kadar air (w), %			

Nilai CBR, %	
2,54 mm	0,10 in
$\frac{.....}{13,35} \times 100$	$\frac{.....}{3000} \times 100$
=	=
5,08 mm	0,20 in
$\frac{.....}{20,02} \times 100$	$\frac{.....}{4500} \times 100$
=	=

Catatan: Jumlah tumbukan/lapis =

Dikerjakan oleh Teknisi
Tanggal :
Tanda tangan :

Diperiksa oleh Penyelia
Tanggal :
Tanda tangan :

Nama :

Nama :

Lampiran E
(normatif)
Grafik penentuan CBR desain

Nama laboratorium pengujian :
 Proyek/pekerjaan :
 Lokasi contoh tanah :

No. contoh :
Jenis contoh tanah :

PENENTUAN CBR DESAIN UNTUK CONTOH UJI YANG DIPADATKAN PADA KADAR AIR OPTIMUM
SNI 1744 : 200xx

Hasil pengujian CBR:

Jumlah tumbukan/lapis																																																																																																							
CBR, %																																																																																																							
Densitas kering (ρ_d), g/cm ³																																																																																																							
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CBR (%)</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 800px; height: 300px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </div>																																																																																																							
Densitas kering (g/cm ³)																																																																																																							
Cara pemadatan	: Sesuai SNI ...																																																																																																						
Kadar air optimum (w_{opt})	: %																																																																																																						
Densitas kering maksimum (ρ_d maks)	: g/cm ³																																																																																																						
Densitas kering desain (95% ρ_d maks)	: g/cm ³																																																																																																						
CBR desain	: %																																																																																																						

Dikerjakan oleh Teknisi
Tanggal :
Tanda tangan :

Diperiksa oleh Penyelia
Tanggal :
Tanda tangan :

Nama :

Nama :

Lampiran F (informatif) Contoh isian formulir

A. Jumlah tumbukan 65 per lapis (tanpa koreksi)

Nama laboratorium pengujian : Balai Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung
 Proyek/pekerjaan : Jalan Kompleks Perumahan PU, Bandung No. contoh : 1
 Lokasi contoh tanah : Ciganea, Purwakarta Jenis contoh tanah : Pasir kelepungan

UJI CBR LABORATORIUM SNI 1744 : 20xx

Pengembangan, kalibrasi arloji ukur = 0,01 mm

Tanggal	17/6-08	18/6-08	19/6-08	20/6-08	21/6-08
Jam	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Pembacaan, dev	0	11	15	16	17
Perubahan, dev	0	11	15	16	17
Pengembangan, %					0,2

Densitas, No. Cetakan B

	Sebelum direndam	Sesudah direndam
Massa tanah + cetakan, g	10950	11000
Massa cetakan, g	6943	6943
Massa tanah basah, g	4007	4057
Isi cetakan, cm ³	2122	2125
Densitas basah (ρ), g/cm ³	1,89	1,91
Densitas kering (ρ_d), g/cm ³	1,50	1,48

Penetrasi, kalibrasi proving ring, k = ... kN (=1,093 lb)

Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan arloji ukur beban	Beban penetrasi = pembacaan arloji ukur beban x k	
	mm	in	devisi	kN	lb
0	0	0	0		0,0
1/4	0,32	0,0125	53		57,9
1/2	0,64	0,025	98		107,1
1	1,27	0,050	163		178,2
1 1/2	1,91	0,075	218		238,3
2	2,54	0,10	262		286,4
3	3,81	0,15	332		362,9
4	5,08	0,20	384		419,7
6	7,62	0,30	451		492,9
8	10,16	0,40	487		532,3
10	12,70	0,50	502		548,7

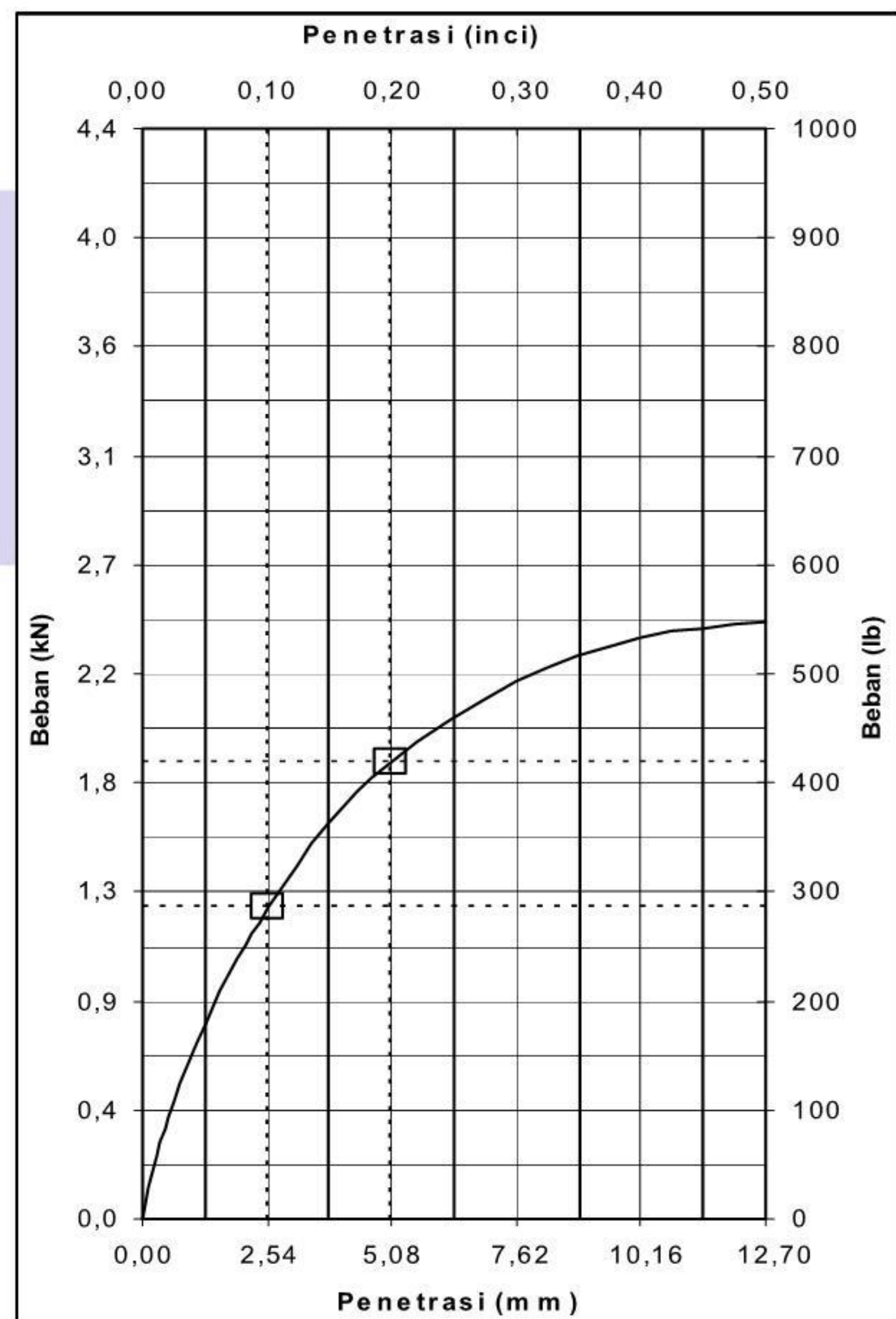
Kadar air

	Sebelum direndam	Sesudah Direndam
No. cawan	GH52	GH29
Massa tanah basah + cawan, g	128,9	130,0
Massa tanah kering + cawan, g	106,3	105,0
Massa air, g	22,6	25,0
Massa cawan, g	18,0	18,1
Massa tanah kering, g	88,3	86,9
Kadar air (w), %	25,6	28,8

Nilai CBR, %

2,54 mm	0,10 in
$\frac{286}{13} \times 100$	$\frac{286}{3000} \times 100$
= 9,5	= 9,5
5,08 mm	0,20 in
$\frac{420}{20} \times 100$	$\frac{420}{4500} \times 100$
= 9,3	= 9,3

Catatan : Jumlah tumbukan/lapis = 65



Bandung, 10 Agustus 2009

Dikerjakan oleh Teknisi
 Tanggal : 5 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Diperiksa oleh Penyelia
 Tanggal : 10 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Nama : A. Jainudin

Nama : Sumarno, BE

B. Jumlah tumbukan 65 per lapis (dengan koreksi)

Nama laboratorium pengujian : Balai Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung
 Proyek/pekerjaan : Jalan Kompleks Perumahan PU, Bandung No. contoh : 1
 Lokasi contoh tanah : Ciganea, Purwakarta Jenis contoh tanah : Pasir kelepungan

UJI CBR LABORATORIUM
SNI 1744 : 20xx

Pengembangan, kalibrasi arloji ukur = 0,01 mm

Tanggal	17/6-08	18/6-08	19/6-08	20/6-08	21/6-08
Jam	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Pembacaan, dev	0	19	23	25	25
Perubahan, dev	0	19	23	25	25
Pengembangan, %					0,2

Densitas, No. Cetakan D

	Sebelum direndam	Sesudah direndam
Massa tanah + cetakan, g	10750	10840
Massa cetakan, g	6745	6745
Massa tanah basah, g	4005	4095
Isi cetakan, cm ³	2122	2126
Densitas basah (ρ), g/cm ³	1,89	1,93
Densitas kering (ρ_d), g/cm ³	1,51	1,49

Penetrasi, kalibrasi proving ring, k = ... kN (=1,093 lb)

Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan arloji ukur beban	Beban penetrasi = pembacaan arloji ukur beban x k	
	mm	in	devisi	kN	lb
0	0	0	0		0,0
1/4	0,32	0,0125	5		5,5
1/2	0,64	0,025	12		13,1
1	1,27	0,050	40		43,7
1 1/2	1,91	0,075	92		100,6
2	2,54	0,10	160		174,9
3	3,81	0,15	246		268,9
4	5,08	0,20	300		327,9
6	7,62	0,30	374		408,8
8	10,16	0,40	422		461,3
10	12,70	0,50	466		509,3

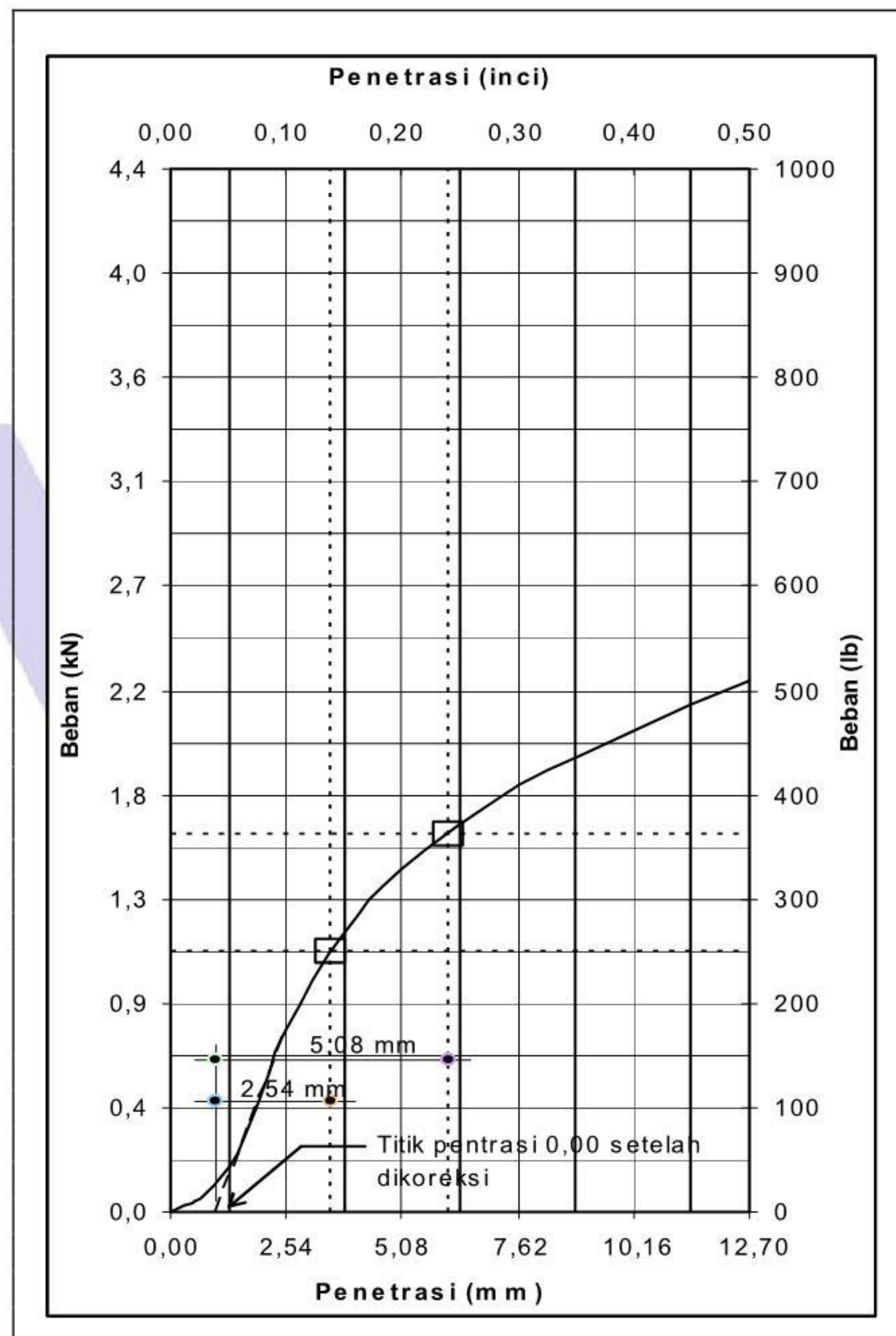
Kadar air

	Sebelum direndam	Sesudah Direndam
No. cawan	GH94	HK99
Massa tanah basah + cawan, g	126,1	125,3
Massa tanah kering + cawan, g	104,0	101,1
Massa air, g	22,1	24,2
Massa cawan, g	18,2	18,3
Massa tanah kering, g	85,8	82,8
Kadar air (w), %	25,7	29,3

Nilai CBR, %

2,54 mm	0,10 in
$\frac{\dots}{13} \times 100$	$\frac{250}{3000} \times 100$
=	= 8,3
5,08 mm	0,20 in
$\frac{\dots}{20} \times 100$	$\frac{362}{4500} \times 100$
=	= 8,0

Catatan: : Jumlah tumbukan/lapis = 65



Bandung, 10 Agustus 2009

Dikerjakan oleh Teknisi
 Tanggal : 5 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Diperiksa oleh Penyelia
 Tanggal : 10 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Nama : A. Jainudin

Nama : Sumarno, BE

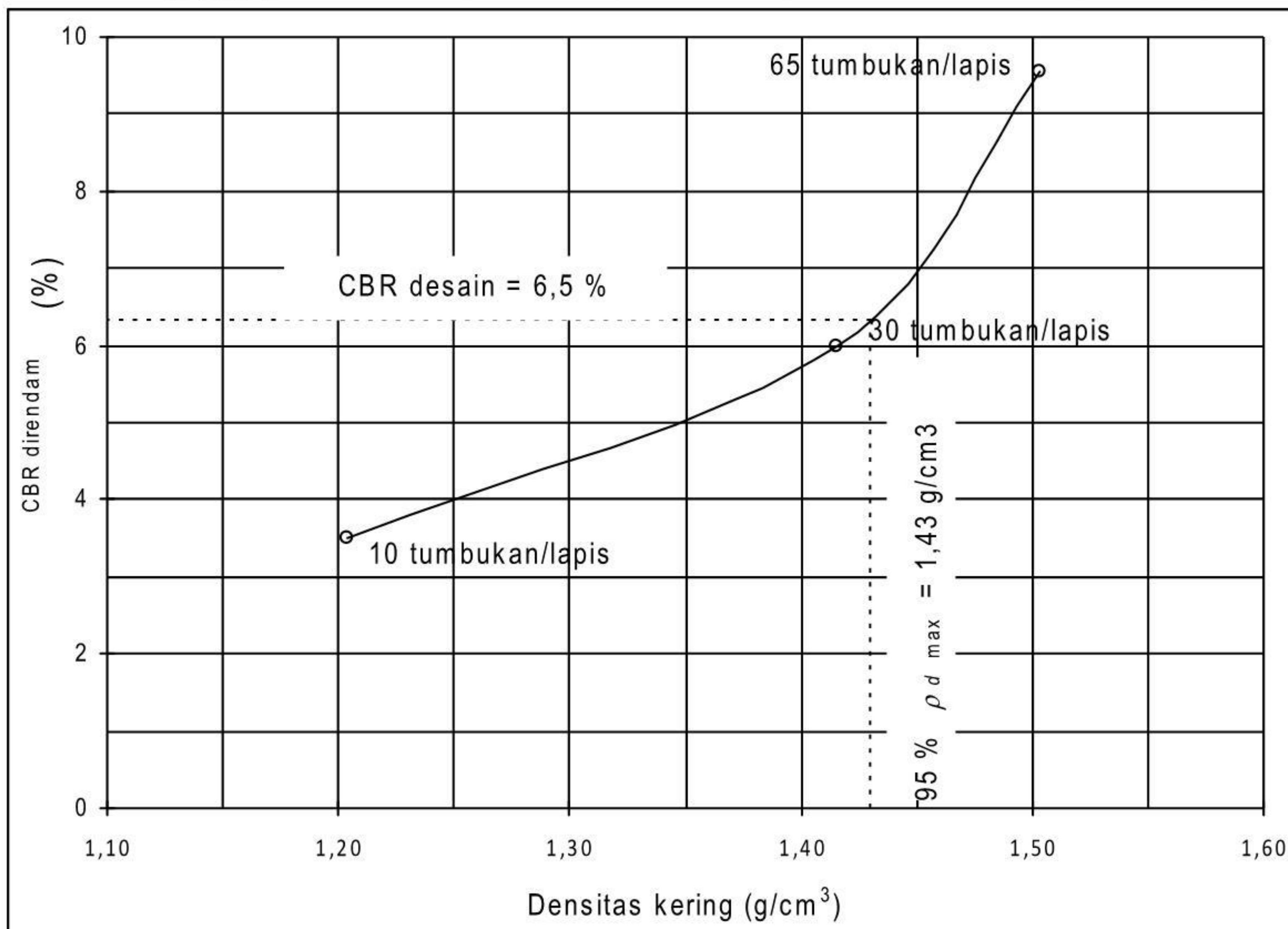
Lampiran G (informatif) Contoh penentuan CBR desain

Nama laboratorium penguji : Balai Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung
 Proyek/pekerjaan : Jalan Kompleks Perumahan PU, Bandung No. contoh : 1
 Lokasi contoh tanah : Ciganea, Purwakarta Jenis contoh tanah : Pasir kelepungan

PENENTUAN CBR DESAIN UNTUK CONTOH UJI YANG DIPADATKAN PADA KADAR AIR OPTIMUM SNI 1744 : 20xx

Hasil pengujian CBR:

Jumlah tumbukan/lapis	10	30	65
CBR, %	3,5	6,0	9,5
Densitas kering (ρ_d), g/cm ³	1,20	1,42	1,50



Cara pemadatan	: Sesuai SNI 1742 : 2008
Kadar air optimum	: 27,5 %
Densitas kering maksimum (ρ_d maks)	: 1,50 g/cm ³
Densitas kering desain (95% ρ_d maks)	: 1,43 g/cm ³
CBR desain	: 6,5 %

Bandung, 10 Agustus 2009

Dikerjakan oleh Teknisi
 Tanggal : 5 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Diperiksa oleh Penyelia
 Tanggal : 10 Agustus 2009
 Tanda tangan :

Nama : A. Jainudin

Nama : Sumarno, BE

Bibliografi

SNI 1966:2008, *Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*

SNI 1967:2008, *Cara uji penentuan batas cair tanah*

SNI 03-1975-1990, *Metode mempersiapkan contoh tanah dan tanah mengandung agregat*

SNI 03-6889-2002, *Tata cara pengambilan contoh agregat*

SNI 03-6797-2002, *Tata cara klasifikasi tanah dan campuran tanah agregat untuk konstruksi jalan*

SNI 03-6866-2002, *Spesifikasi saringan anyaman kawat untuk keperluan pengujian*

